ＪＥＴＪＯＥ　タービン　エンジン用
純正ＦＡＤＥＣ（フルオート　デジタル　エンジン　コントロール）取扱説明書

内容

１．　　ＦＡＤＥＣ　（全自動デジタル　エンジン制御）
１．１　全自動
１．２　半自動

２．　　ＨＤＴ　（手動データ　ターミナル）

３．　　ＦＡＤＥＣの搭載方法
３．１　ポンプの電源
３．２　ラジオ無線装置　受信機
３．３　熱カップル　（サーモカップル）
３．４　ＲＰＭ　回転センサー
３．５　燃料ポンプ
３．６　スターター　（全自動）
３．７　グロープラグ（全自動）
３．８　ガス　及び　燃料　ソレノイド　バルブ　（全自動）

４．　　ＦＡＤＥＣのプログラミング
４．１　データ　ターミナルによるプログラミング

５．　　エンジンの始動及びシステムの調整
５．１　エンジンの始動方法
５．２　吹け上がり増速（ＵＰ　ディレー)、減速　（ＤＯＷＮ　ディレー）　及び
　　安定回転　（ＳＴＡＢ　ディレー）の調整

ＦＡＤＥＣの説明

全自動

ＦＡＤＥＣ　（全自動デジタル制御）は、モデル　ガス　タービン　エンジンを制御するためのシステムです。　このシステムの主要操作は、燃料ポンプを調整することにより、排気ガスの温度、スロットル　レバーの位置及びローターの回転数を検知して適性なる燃料の量を制御することにあります。　同時に、指定範囲のエンジン回転数に落ち着くよう保護し、不適切な状態を検知次第、エンジンを停止させることにあります。

これらの検知を行うため、ＦＡＤＥＣにはＲＰM回転数センサー、熱カップル接続端子、スロットル接続端子があり、プログラムへデジタル接続リンクが搭載されデータを読み取りますと、この出力の変化を燃料ポンプ及び電源に伝達します。

ＦＡＤＥＣが検知する総ての数値は、特性コネクターによりハンド　ターミナルをＦＡＤＥＣ本体に接続することにより読み取ることが出来ます。　ＦＡＤＥＣは、それぞれのタービン　エンジンの操作範囲において、使用者により完全にプログラム化することが出来ます。　組み合わせされるパラメーターは、ハンド　ターミナルをＦＡＤＥＣに接続することで、書き入れます。　使用者によりプログラムできるパラメーターは下記の通りです。

＊　フル　パワー時のＲＰM回転数
＊　アイドル　ＲＰM回転数
＊　停止　ＲＰM回転数
＊　最高温度
＊　始動時温度
＊　増速／減速時の速度
＊　ポンプ始動タイミング
＊　燃料供給時間

これらのパラメーターより、エンジンの回転状態及びスロットルの位置において、ＦＡＤＥＣは、次の方法によりポンプの出力操作を行います。　：

最初にＦＡＤＥＣは送信機より発進されるパルスが適切であるかどうか、認証します。
これは、使用者の送信機が適合しているかどうか、を認証するものです。　もし、パルスが正常ではない、或いは０．５秒間受信しない時、本システムは、送信パルスに問題ありと認証し、エンジンを停止させます。　この間、本システムはスロットルがアイドル位置にあると認識し、エンジンの回転を低下させます。

パルスが正常であると認識されますと、使用されますスロットル　レバーのプログラム位置によりそれぞれの上下の限度を計算します。この計算された数値は、データ端子部により０から１００％の間で読み取ることが出来ます。この数値は、使用者によりプログラム化された全速回転及びアイドル回転の RPM 数値に相当する回転数値に転化されます。もし全速回転を１６００００ｒｐｍとした場合、この回転数はスロットル　レバーが全開位置にある時で、数値は１００％となります。故に、スロットル　レバーが５０％の位置にある時、半分のプレッシャーにより８００００ｒｐｍとなります。計算されて得た変換回転数は、エンジンの回転数となり、ポンプの出力は均等な操作となるよう修正されます。

検知されたRPM回転数が要求数を超える時、本システムは、均衡状態のRPM回転数となるまでポンプ出力を低減します。　速度の増減下限直線は、使用者によりプログラム化できます。
設定された出力に見合うべく、ポンプ出力の増加が検知された場合、本システムは排気温度を検知し、プログラムされた最大排気ガス温度に達する間際でRPM回転増加の減速をします。最大排気ガス温度が事前設定された最高温度に近くなると、本システムは設定温度まで低下するようポンプへの燃料供給出力を低下させ、更なる温度低減が必要で有る場合、エンジン本体を停止させるためポンプへの出力を停止させます。
故に、本システムは、エンジンの型式によらず、外気温、ポンプの状態などを調整しながら、最大排気ガス温度限界を超えることなく、可能な限り短時間でエンジンのアクセル操作を保証します。

ガス　タービンにおいて、RPM／スラストは極めて直線的に関連していますので、本システムによる推力の発生は、ポンプの形式、エンジン用電源に密接に関連しています。
それぞれのエンジン推力にバランスが取れていることは、複数エンジン式の機体の場合、非常に有効に作用します。

RPM回転数超過、排気ガス温度限界越或いはラジオ無線装置の不具合による保護の他、本システムは同時に次に記載する２つの保護機能を備えています。　一番目は、排気温度が最低温度よりも低い時、機体内部に燃料が溢れ燃料に引火することを保護する或いは熱カップル不良を保護します。　二番目は、最小RPM回転数による停止です。　本システムは、プログラムされた最小数値よりも更に低い数値になるとポンプが停止します。
故に、本システムは最小数値以下の速度におけるエンジンの回転を保護します。

半自動
半自動始動は、エンジンの始動操作について、燃料の供給及び排気温度及び重要な手順を補佐しますので、使用者はポンプ供給出力について直接的な知識を得ることができます。
始動開始を行うにあたり、使用者はラジオ無線装置のトリムをハイ側に上げ、スロットルレバーを最スローの位置にします。　ＦＡＤＥＣのＬＥＤが点灯し、準備完了を示します。
この状態において、使用者はスターター　モーターによりガスを開けて、点火しエンジンを始動させます。　ＦＡＤＥＣが排気温度について、プログラムされた始動時の最低温度（１００度C）よりも高温をセットしますと、ＬＥＤは点滅を開始し、システムはモーター（エンジン）に燃料を供給開始し、アイドリング速度になるまで出力を上げます。
この最終状態は、緑色のＬＥＤの点滅で知らせます。　ポンプの最小出力及び始動時の速度アクセレーションは使用者のパラメーター　プログラムによります。

２．　手動データ　ターミナル　（ＨＤＴ）

ＨＤＴは、１６個の数値を２段に分け且つ４個のボタンによりＦＡＤＥＣのプログラム化を行うよう設計された特別のツールです。　電源はＦＡＤＥＣより得ています。

３．　ＦＡＤＥＣの搭載

電気部品として、模型飛行機内部へＦＡＤＥＣを搭載するのはラジオ無線装置と同様です。注意として、振動が少なく、エンジンの発熱を避ける場所に搭載します。

３．１　電池

スターター及びポンプに供給する電池はＤＣ６Ｖより１２Ｖを接続することが可能です。いずれの場合においても、タービンの安定始動のため電源はいつも満充電であること。

３．２　ラジオ無線式受信機

ＦＡＤＥＣはラジオ無線式受信機のスロットルチャンネルに接続し、スロットル信号と電源を受けます。　FADEC はスロットル信号により作動するため、電源は受信機用電源より得ることになります。

３．３　サーモカップル　（熱カップル）

本ＦＡＤＥＣには熱カップル“K”型式が装備され、１１００度Ｃまで対応します。
標準サーモカップルは径１．５ｍｍのインコネル線及び５０ｃｍの接続ワイヤーから成り、FADEC 本体に直接取り付けます。　推奨する取り付け方法は、エンジンの排気ノズルに１．５ｍｍの穴をドリルで開け、熱カップルの末端が排気ガス流に当たる様、約２ｍｍ挿入します。　排気ノズル部において、該当部分がその他の部分よりも高温になる場合、熱カップルは中間温度部分に取り付けるよう注意が必要です。

温度測定に敏感な部分は熱カップルの先端部分です。　いかなる場合において、この先端部分を切断しないこと。　熱カップが破損する場合があります。同時に、熱カップルはプライヤー或いは同類の器材で折り曲げないこと。　温度検知の曲線が非常に鋭角になる危険性があります。　装着は手作業で行い、ワイヤーは可能な限り大きな湾曲となるよう処理します。　長手のリード線付熱カップルが必要な場合、ご要求長さの熱カップルを供給することができます。

“K”型式の熱カップルを搭載する場合、　急な熱上昇により、エンジン温度が熱カップルよりも更に早く上昇することにより、熱カップルが正確に温度検地できないため、オーバーヒート状態として正しく検知できない場合があります。

３．４　RPM センサー

エンジンの RPM 回転数はホール　センサーにより読み取りが行われ、RPM の読み取り値は必要な修正のため ECU に伝達されます。　故に、RPM センサー線及びグロー　プラグ加熱線は正確に挿入される必要があります。　グロー　プラグの信号はエンジン回転にあたり RPM センサー線よりも検知されます。

３．５　燃料ポンプ

スムースにエンジン始動できるよう、ポンプには大きな負荷がかからないことを目視確認します。

３．６　スターター　（全自動式）

エンジン製造会社の推奨スターターを利用すること。　より大きな電圧が印加された場合、モーターへの高電流により ECU を破損させることがあります。もし ECU 本体が高温になっていましたら、エンジン始動を即停止して ECU を冷却し、不具合箇所を検査します。

３．７　グロー　プラグ　（全自動式）

グロー　プラグのコイルは＜ピンなどを利用してコイルを＞プラグ外側へ２ｍｍ引き出しこの状態でエンジンに装着します。

３．８　ガス　及び　燃料ソレノイド　バルブ　（全自動式）

エンジンと燃料ポンプ間の燃料ラインに燃料ソレノイド　バルブを接続します。
エンジンとプロパン容器間のガス　ラインにガスソレノイド　バルブを接続します。

４．　FADEC のプログラム

FADEC のプログラム化は手動接続ターミナル或いは PC により行うことができます。
いずれの場合において、プログラムするパラメーターは下記に示す数値です。

別添付エクセル　ファイル　参照のこと。
いくつかの設定項目に関して、使用する燃料ポンプにより異なります。

４．１　HDT を利用して FADEC のプログラム

HDT は、２段１６桁の数値と４つのボタンのある LCD でメニューやデータ変更などの操作をします。データは LCD に表示されます。画面で一度に２種類の数値を表示し、これに続く数値によりパラメーター設定を行います。　白ボタンを操作することで、次のメニュー（Menu　Up）或いは以前のメニュー（Menu　Down）移動を行います。赤ボタンを操作することで、データ数値の増加（Up Data　+）或いは減少（Down Data -）を行います。

使用送信機の準備と認識

ご使用される送信機のいかなるプログラム、例えばサーボトラベルの変更、トリム、サーボ駆動の速度変更、トリム位置調整、リニアー直線などの設定変更は一切行わないこと。もし、心配でしたらサーボを接続してそれぞれの操舵角や速度を確認します。　送信機内の総てのプログラム調整が解除されていますことを再確認しましたら、FADEC を接続し“MENU　UP”を操作してスクリーン　２へ移動します。

スロットル　レバーとスロットル　トリムをフルハイ位置にしますと、パルス＝　XXXX が読み取れますが、この数値は１９００～２２００の間であること。　次に、スロットルレバーとスロットル　トリムをフルスロー位置にします。この時、数値は、８００～１０００であること。　この読み取り数値が反対に表示される場合　（例えば、FUTABA 社のある型式のラジオ無線装置)、スロットル　サーボ（３CH）をリバースにします。　更に、表示数値が上記に示す数値にならない場合、送信機側のスロットルチャンネルに何らかのプログラミングが残されている可能性があります。　今一度、送信機を検査します。　この操作に問題がなければ、FADEC はプログラム化します。
この操作を行うについて、HDT は４種のスクリーンがあります。

最初のスクリーンは、スロットル操作のプログラム画面に入る情報と警告を示します。

次のスクリーンは、フルスロットル位置をプルグラムする画面が表示されます。
フルスロットル位置をプログラムするには、スロットル　レバー及びスロットル　トリムをフルハイの位置にします。　この位置において、“Data Up　+”の赤ボタンを押します。これで FADEC はこの数値がフルハイ位置であることを記録します。　そして、HDT には微調整のため次の表示が示されます。　もし、ここで微調整する必要がないようでしたら、“Menu Up”　白ボタンを押します。　これは画面が変更されますが、数値はプログラムされません。

次のスクリーンで、フルスロー位置（停止）のプログラムを行います。　スロットル　レバー及びスロットル　トリムをフルスローの位置にします。 この位置において、“Data Up +”の赤ボタンを押します。　もし、ここで微調整する必要がないようでしたら、白ボタンを押して”Menu Up”へ移動します。　これで画面が変更されますが、数値はプログラムされません。

最後のスクリーンは、送信機のエンジン　アイドリング　トリム位置のプログラムです。
この設定をおこなうためには、スロットル　レバーをフルスローの位置そしてスロットル

トリムをフルハイの位置にします。　この位置において、“Date Up +”の赤ボタンを押します。先に行った調整と同じく、” Menu　Up”ボタンは、以前記録した調整を変更することなくスクリーンを変化させます。

送信機の認識が完了しますと、これで HDT の第二番目表示が認識されたことになります。２番目の表示はこの後、初めて ECU に電源を入れることで２段目に表示されます。

送信機より適切な数値を受信しますと、この数値は０～１００％の範囲で認識されます。この数値は、送信機スロットル　レバーの任意の位置に連動します。　フルスロー位置０％はスロットル　レバーが最下部でトリムも最下部、フルハイ位置１００％はスロットルレバーが最上部でトリムも最上部、として認識されます。　もしそれぞれのレバー位置がこれらの数値に合致しないとき、スロットル　キャリブレーション作業を再度行います。

フルハイとフルスローが正しく認識されますと、トリムの調整が認識されます。　これは、FADEC に接続する LED により行われます。

FADEC を開始モードにして、トリム及びレバーを最スロー側にしますと、LED は点滅を停止します。　トリムをゆっくりと上げていきますと、LED はトリム中間位置近くで点灯します。　この位置より FADEC はモーター始動がなされ、この位置以下では停止として認識されます。

５．　エンジンの始動及びシステムの微調整

５．１　エンジンの始動

FADEC のスイッチを ON にしますと、始動モードになります。　このモードはトリムを増加すると LED が点灯となることで示します。　アイドル位置が確認されましたら、FADEC は自動モードに入りそして始動モードに入ります。　これは、一度 FADEC の供給を停止しそして始動に戻ります。

スロットル　トリムを上げます。　LED は“始動準備完了”を示します。
もし、自動始動を望む場合、レバーを最スロー位置に押し下げますと、エンジンは自動スタート　モードの開始となります。　もし、半自動スタートを望む場合、スターターを回転させ、ガスを供給し、点火します。　FADEC 読み取りの温度がプログラムの最低温度よりも高い時、LED は点滅を開始してポンプは燃料供給を開始“ポンプ供給開始点”となり“START　RAMP”パラメーター設定により供給量を増加します。　この時点で、モーターは、RPM アイドル回転に達するまで増速します。　この時、LED は点滅を停止し、

システムは自動モードに入り、アイドリングを保持するべくポンプ量を制御します。
ここでエンジンを回転させますと、エンジンを安全範囲で回転するよう燃料供給を制御しながら、スロットル　コントロールによる出力の調整となります。
タービンを停止させるには、スロットル　レバーをフルスロー及びトリムをフルスロー位置にします。

FADEC は電圧の変化、タンク内の燃料レベルなどを調整しながら継続的に操作数値を修正します。

５．２　速度増加（UP　ディレー)、速度減速（DOWN　ディレー）及び安定（STAB　ディレー）の微調整

通常、これらの数値を微調整する必要はありません。　同時に表に記載した数値は殆どのエンジンに有効利用できるものです。　しかし、いかなるタイプのタービンとポンプの組合せに接続することを目的として、使用者により記載数値内で微調整することが出来ます。

アクセレーション
FADEC は排気ガス温度と本パラメーターの RPM（UP　ディレー）によりアクセレーション速度を計算しています。　従いまして、この数値を変更することでアクセレーションに要する全体時間を調整することができます。　数値１５で７N より７５N を得るべくエンジンは３S（３秒）のアクセレーションとなります。　１７N より７５N は２S(２秒)です。この時間は、温度により変化します。　これはエンジンの排気ガス温度が５５０度 C 近似を仮定しており、最大値は８００度 C ではより緩慢なアクセレーションとなります。
もし、エンジンがより高温で運転或いはプログラム化された最高温度がより低温である場合、この時間は更に長くなります。　このパラメーターにおいて数値を増加させると、アクセレーション時間はより長くなります。
余りにも長くしますと、エンジンのスロットル応答が遅くなり、非常に飛行が困難になります。　余りにも短くしますと、FADEC は本体の機能よりも短い時間で起動しようとします。　これは、FADEC は排気ガス温度を制御しており、エンジンに問題がないとしても、熱カップルによるサーマル理論により瞬時的にオーバーヒートを検知してしまい、最大温度限度になった時、時々、アクセレーションが継続できないという問題が生じます。
従って、熱カップルは、非常に低いサーマル理論を得るため最小検知部品である必要があり、同時に熱カップルは、オーバーヒートを早めに検知するため、エンジンの最も高温になる部分へ搭載する必要があります。

微調整は、エンジンのアイドルより最大パワーになるまでのアクセレーションにより行い、エンジンのアクセレーションが速やかに且つ継続的になるまで調整を行います。

減速

減速の計算に対して、FADEC はアクセレーションで使用したパラメーター操作で行った固定数値以外、減速において固定数値はありません。　理論的に、機械的な限度は無く、速度変化と温度に関連するものもありません。しかし、ある種のエンジンでは、燃料の供給が突然減少すると回転停止する傾向があります。この一般的な数値は２０です。　しかし、エンジン停止の場合を考慮して使用者はこのパラメーターの時間を増加することが可能です。このテストは上記と反対の方法で行います。　エンジンを最大回転で運転させ、即座にアイドル回転とします。　エンジンが瞬時に減速し停止することが無い様、調整します。もし、停止するようでしたら、エンジンが停止することのないよう、この数値を２～３ポイント増加します。

安定　（STAB ディレー）

エンジンがスロットル設定の数値の適合するパワーに達しましたら、FADEC は実際のスラスト数値に適合するように燃料供給の調整をします。　FADEC が行う速度の調整は本パラメーターでプログラム化することが可能です。　一般的に、この数値は１０から２０の間で変化します。　これは、増速、減速、温度、他ポンプやエンジン、チューブなどを含む総括的な状況により変化します。　余りにも低い数値（短時間）をプログラムしますと、エンジンの回転は安定しません。　そして、エンジンは FADEC はタービンの反応以上に速い設定に反応できず、回転が上がったり・下がったりして安定しなくなります。

JOE　JUNIOR　セット　アップ　パラメーター

最大 RPM	：	２４００００
アイドル　RPM	：	１００００００
停止　RPM	：	７７０００
最低スタート温度	：	１００度 C
最高温度	：	１０００度 C
グロー　プラグ	：	０３８
アクセル　ディレー	：	０３５
ディーセル　ディレー	：	０２１
スタビ　ディレー	：	０５０
ポンプ始動ポイント	：	Auto＋０
ポンプ　ランプ	：	００１

パラメーター

１：０１２　（温度　検知）
２：０１７
３：０５６
４：０９５
５：０２３
６：２５５
７：０９５　（最小電源電圧）
８：２５５
９：２５５
１０：２５５
１１：２５５
１２：２５５
１３：０００
１４：０００
１５：２５５
１６：００２　（初期始動時の最小 RPM　x　１０００）
１７：０５３　（イグニッション中のスターター出力）
１８：００４　（イグニッション中のスターターRPM　X　１０００）
１９：００１　（イグニッション中のスターター再接続 RPM　X１０００）

２０：００４　（事前ヒート　時間　秒）
２１：０００　（不要）
２２：１００　（ガス　切断温度　X４）
２３：０１７　（スターター切断　RPM　X１０００）
２４：０７６　（燃料注入時　スターター出力）
２５：０１２　（スターター速度１００％時の RPM）
２６：０１６　（燃料注入時　１回目 RPM ポイント　X１０００）
２７：０２５　（燃料注入時　２回目 RPM ポイント　X１０００）
２８：００３　（１回目燃料注入時数値）
２９：０００　（２回目燃料注入時数値）
３０：００３　（３回目燃料注入時数値）
３１：０１４　（スターター再接続　RPM　X１０００）

２０１０年１０月現在

JetJoe International

LAM Co.　桝田